

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-10576

(P2000-10576A)

(43)公開日 平成12年1月14日(2000.1.14)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード <sup>*</sup> (参考)
G 1 0 K 15/04	3 0 2	G 1 0 K 15/04	3 0 2 J 2 C 0 0 1
G 0 9 B 9/04		G 0 9 B 9/04	
// A 6 3 F 13/00		A 6 3 F 9/22	E

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 13 頁)

(21)出願番号 特願平10-177161

(22)出願日 平成10年6月24日(1998.6.24)

(71)出願人 000010076

ヤマハ発動機株式会社

静岡県磐田市新貝2500番地

(72)発明者 前田 修

静岡県磐田市新貝2500番地 ヤマハ発動機株式会社内

(74)代理人 100100996

弁理士 山口 允彦

Fターム(参考) 2C001 AA00 AA09 BA00 BA07 BB00

BB05 BC00 BC03 BC09 CA01

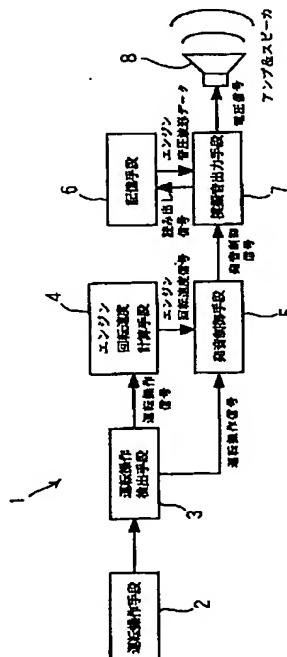
CA05 CB01 CB03 CC02 CC08

(54)【発明の名称】 エンジン模擬音発生装置

(57)【要約】

【課題】 エンジン模擬音発生装置において、より少ない記憶情報量により多様な運転状態における様々な実際のエンジン音に近似させてエンジン模擬音を発生させることができるようにする。

【解決手段】 エンジン模擬音発生装置1において、該装置の記憶手段6を、運転操作量とエンジン回転速度をパラメータとしてエンジン運転状態を複数の範囲に分け、各範囲の略中央状態で録音したエンジン音のそれぞれを、クランク軸が1燃焼サイクル分回転する時間に相当する長さの音圧波形の単位で、エンジン音のデジタルデータとして記憶させたものとし、該装置の発音制御手段5を、運転操作量とエンジン回転速度の入力に応じた運転状態範囲のエンジン音データを繰り返して発音させるように発音制御信号を出力するものとする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 運転操作者による運転操作手段の操作量を検出する運転操作検出手段と、検出された運転操作量に応じてエンジン回転速度を計算するエンジン回転速度計算手段と、運転操作量とエンジン回転速度の入力に応じて発音制御信号を出力する発音制御手段と、予めエンジン音データを記憶させてある記憶手段と、発音制御信号に応じて記憶手段からエンジンデータを読み出し、音圧信号に対応する電圧信号として出力する模擬音出力手段とを有するようなエンジン模擬音発生装置において、記憶手段が、運転操作量とエンジン回転速度をパラメータとしてエンジン運転状態を複数の範囲に分け、各範囲の略中央状態で録音したエンジン音のそれぞれを、クランク軸が1燃焼サイクル分回転する時間に相当する長さの音圧波形の単位で、エンジン音のデジタルデータとして記憶させたものであり、発音制御手段が、運転操作量とエンジン回転速度の入力に応じた運転状態範囲のエンジン音データを繰り返し発音させるように、発音制御信号を出力するものであることを特徴とするエンジン模擬音発生装置。

【請求項2】 運転者のアクセル操作量を検出するアクセル開度検出手段と、実際の車両の走行速度を検出する車両走行速度検出手段と、検出されたアクセル開度と車両走行速度からエンジン回転速度を計算するエンジン回転速度計算手段と、アクセル開度とエンジン回転速度の入力に応じて発音制御信号を出力する発音制御手段と、予めエンジン音データを記憶させてある記憶手段と、発音制御信号に応じて記憶手段からエンジンデータを読み出し、音圧信号に対応する電圧信号として出力する模擬音出力手段とを有するような電気自動車用のエンジン模擬音発生装置において、記憶手段が、アクセル操作量とエンジン回転速度をパラメータとしてエンジン運転状態を複数の範囲に分け、各範囲の略中央状態で録音したエンジン音のそれぞれを、クランク軸が1燃焼サイクル分回転する時間に相当する長さの音圧波形の単位で、エンジン音のデジタルデータとして記憶させたものであり、発音制御手段が、アクセル操作量とエンジン回転速度の入力に応じた運転状態範囲のエンジン音データを繰り返し発音させるように、発音制御信号を出力するものであることを特徴とするエンジン模擬音発生装置。

【請求項3】 エンジン回転速度計算手段が、自動車用自動変速装置の変速パターンを踏まえた上で、自動車用トルクコンバータの滑り特性に沿った状態で、アクセル開度と車両走行速度をパラメータとしてエンジン回転速度を計算するものであることを特徴とする請求項2に記載のエンジン模擬音発生装置。

【請求項4】 記憶手段が、実際にエンジン音を録音したときのエンジン回転速度においてクランク軸が1燃焼サイクル分回転する時間と略同じ長さの音圧波形をエン

ジン音データとして記憶させたものであり、発音制御手段が、装置内での計算上のエンジン回転速度においてクランク軸が1燃焼サイクル分回転する時間に対応する間隔で、エンジン音データを繰り返し発音させるように発音制御信号を出力するものであることを特徴とする請求項1乃至3に記載のエンジン模擬音発生装置。

【請求項5】 繰り返し出力される発音制御信号が、記憶手段から読み出されるエンジン音データの大きさ、高さ、音色の少なくとも何れかを各信号毎に変化させるように制御するものであることを特徴とする1乃至4に記載のエンジン模擬音発生装置。

【請求項6】 模擬音出力手段からの出力に際し、実際にエンジン音を録音した時のエンジン回転速度と、装置内での計算上のエンジン回転速度との比率に応じて、エンジン音のデジタルデータをアナログデータに変換する際の再生レートが変更されるように制御されていることを特徴とする請求項1乃至5に記載のエンジン模擬音発生装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、エンジンの模擬音を発生するための装置に関し、特に、操作状態に応じて実際の運転時に近くエンジン音を変化させることで現実感のある模擬音を発生するようなエンジン模擬音発生装置に関する。

【0002】

【従来の技術】TVゲームやパソコンゲームにおけるレーシングゲームや、近年普及しているドライビングシミュレータなどでは、運転操作する者に実際の運転状態に応じたエンジン音（エンジンの爆発音や機械音や吸排気音等からなる駆動音）を伝えることで臨場感を高めるために、エンジンの模擬音を発生するような装置が使用されている。

【0003】そのようなエンジン模擬音発生装置としては、実際の乗物の定常運転時のエンジン音を数秒間だけデジタル信号として記録保持したエンジン音データを、操作の状態に応じてピッチ（音の高さ）やボリューム（音の大きさ）を変更しながら繰り返し再生するような、所謂実音ループ再生法による装置が従来から一般的に使用されている。

【0004】一方、排気ガスによる地球環境の悪化の改善という観点から、電動モーターを駆動源とする電気自動車（エンジンと電動モーターを併用するハイブリッド車も含む）が近年注目を集めているが、そのような電気自動車では、電動モーターによる走行時に従来のエンジン駆動車と比べて走行駆動音が大幅に減少されることとなり、このことは騒音環境の改善という点では好ましいものである。

【0005】しかしながら、そのような走行駆動音の大幅な減少については、エンジン駆動車の運転に習熟し電

気自動車の駆動音に不慣れた運転者が運転すると、運転者の駆動音認知によるフィードバック特性が低下するので機敏な運転をし難くなり、また、エンジン駆動車のエンジン音による騒音が大きな環境において、自身が運転する電気自動車の駆動音が周囲の音に埋没する場合には、運転者は走行状態を視覚のみで確認することとなり、同様に機敏な運転をし難くなるという問題がある一方、歩行者に対しても、視覚のみで周囲の自動車の走行状態を確認させることとなるため、歩行時の負担を強いることとなる。

【0006】そこで、そのような問題を解消するために、電気自動車に対して、上記のように従来からレーシングゲームやドライビングシミュレータなどで使用されているようなエンジン模擬音発生装置を設置することで、車両の加減速や走行速度などの実際の走行状態に応じたエンジン音を報知音として発生させるということが従来から検討されている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】ところで、従来の実音ループ再生法によるエンジン模擬音発生装置では、装置の運転操作に対応させてエンジン音を再生する場合、その運転操作状態での仮想のエンジン回転速度が、音データをサンプリングした定常運転時のエンジン回転速度と一致するときには、サンプリング時と同じ再生レートで音データを繰り返して再現することにより、定常運転時のエンジン音と同じ音圧波形を再生することができる。

【0008】これに対して、エンジン回転速度が高くなるような運転操作では、音の再生レートを上げ（即ち、再生周波数を大きくして再生周期を短くし）、音データを繰り返して再現する周期を短くすることで、記憶させた音データの音圧波形を時間軸方向に縮めた波形として、定常運転時のエンジン音よりも高い音として再現している。

【0009】また、エンジン回転速度が低くなるような運転操作では、音の再生レートを下げることで、低くなるエンジン回転速度に比例したピッチに変更して再生すると共に、アクセルを踏み込んだ状態ではボリュームを上げ、アクセルを戻した状態ではボリュームを下げるようにしている。

【0010】しかしながら、上記のような定常運転時の数秒間分のエンジン音データのみによる実音ループ再生法では、一応実際のエンジン音を録音して再生していることで、録音した時のエンジン回転速度に近い定常運転パターンではかなり実際に近い音が出せるものの、録音した時のエンジン回転速度から離れた回転速度や過渡状態の音については、ピッチやボリュームを変更して再生しても不自然な音とならざるを得ない。

【0011】そこで、そのような問題を解決するために、様々な運転状態でのエンジン音を実際にそれぞれ録音して、それぞれを数秒間分のエンジン音データとして

おくことにより、運転操作に対応したエンジン運転状態に最も近いエンジン運転状態で録音されたエンジン音データを選択的に読み出して、この数秒間分のエンジンデータについて更にピッチやボリュームを変更しながら繰り返し再生するということが従来から既に提案されている。

【0012】しかしながら、再生するエンジン音をより実際に近い自然な音とするために、様々な運転状態でのエンジン音をそれぞれ数秒間分ずつ録音して、それらの実音をデジタル信号のエンジン音データとして記録保持しておくには、該装置の記憶手段の容量を非常に大きくしておくことが必要となり、そのことが安価な製品を作る上での障害となっている。

【0013】本発明は、上記のような問題の解消を課題とするものであり、具体的には、エンジン模擬音発生装置において、より少ない記憶情報量により多様な運転状態における様々な実際のエンジン音に近似させてエンジン模擬音を発生させることができるようにすることを課題とするものである。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記のような課題を解決するために、レーシングゲームやドライビングシミュレータなどで臨場感を高めるために使用されるエンジン模擬音発生装置や、電気自動車で実際の走行状態に応じたエンジン音を発生させるために使用されるエンジン模擬音発生装置等において、該装置の記憶手段が、運転操作量（アクセル開度）とエンジン回転速度をパラメータとしてエンジン運転状態を複数の範囲に分け、各範囲の略中央状態で録音したエンジン音のそれぞれを、クランク軸が1燃焼サイクル分回転する時間に相当する長さの音圧波形の単位で、エンジン音のデジタルデータとして記憶させたものであり、該装置の発音制御手段が、運転操作量とエンジン回転速度の入力に応じた運転状態範囲のエンジン音データを繰り返して発音させるように発音制御信号を出力するものであることを特徴とするものである。

【0015】上記のような構成のエンジン模擬音発生装置によれば、様々な運転状態のそれぞれで録音して記録保持しておくエンジン音データが、数秒間分単位（クランク軸が数十回転以上する時間）のものと比べて非常に短いものとなることで、該装置の記憶手段の容量を非常に大きくする必要がなく、より少ない記憶情報量により多様な運転状態における様々な実際のエンジン音に近似させてエンジン模擬音を発生させることができる。

【0016】すなわち、1燃焼サイクル分（2サイクルエンジンではクランク軸1回転分、4サイクルエンジンではクランク軸2回転分）のエンジン音データを録音して記録保持すれば、単気筒エンジンのみでなく、多気筒エンジンにおいても全ての気筒における爆発燃焼を過不足なくデータ保持することができる。

【0017】また、例えば、エンジン音データを多気筒エンジンにおける各気筒間の爆発間隔と略同じ長さのような極めて短いものにしたような場合と比べて、発音制御手段における発音制御信号の出力頻度を抑えることができると共に、実際の多気筒エンジンにおいては、吸気管や排気管や着火条件等を気筒毎にそれぞれ全く同一にするのが困難であり、吸気音や排気音や爆発燃焼音等も気筒毎にそれぞれ異なってしまうが、そのような気筒毎の音の複雑なデータ処理をすることなく記録保持データからエンジン模擬音を発生させることができる。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、本発明のエンジン模擬音発生装置の実施形態について図面に基づいて説明する。

【0019】図1は、本発明のエンジン模擬音発生装置の一例をブロック図により概略的に示すもので、このエンジン模擬音発生装置1は、自動車のレーシングゲームやドライビングシミュレータなどで臨場感を高めるために使用されるものであって、運転操作手段2の操作量を検出する運転操作検出手段3と、エンジン回転速度計算手段4と、発音制御手段5と、記憶手段6と、模擬音出力手段7を有するもので、アンプを通してスピーカ8からエンジン模擬音を発生させるものである。

【0020】運転操作手段2については、エンジン模擬音発生装置1が設置される機器によって様々に異なるものであり、例えば、パソコンゲームに設置される場合には、キーボードやマウスが運転操作手段となり、家庭用のTVゲーム機に設置される場合には、押しボタンや操作レバーが運転操作手段となり、アーケードゲーム機のレーシングゲームやドライビングシミュレータに設置される場合には、アクセルペダルとブレーキペダルとシフトレバーが運転操作手段となる。

【0021】運転操作検出手段3は、運転操作者の運転操作手段2による運転操作量（運転操作手段2の操作量に応じた仮想のアクセル開度やシフト位置）を検出してエンジン回転速度計算手段4に運転操作信号（アクセル開度信号やシフト位置信号）を出力するものであり、エンジン回転速度計算手段4は、運転操作検出手段3により検出された運転操作量による運転操作信号と、図示していない記憶装置にあらかじめ記録されているエンジンの出力特性と車両の走行抵抗のデータとに基づいて、エンジン出力と走行抵抗のバランスがとれる仮想のエンジン回転速度を計算するものである。

【0022】発音制御手段5は、運転操作検出手段3により検出された運転操作信号と、エンジン回転速度計算手段4において計算されたエンジン回転速度信号とに基づいて、模擬音出力手段7に対して発音制御信号を出力するものであり、記憶手段6は、実際に録音した様々な運転状態でのエンジン音（エンジンの爆発音や機械音や吸排気音等からなる駆動音）のそれぞれを音データとして予め記憶させたものであり、模擬音出力手段7は、発

音制御手段5からの発音制御信号に応じて、記憶手段6に予め記憶されている様々なエンジン音データの内から適当なものを選択的に読み出して、該エンジン音データの音圧信号に対応する電圧信号として出力するものである。

【0023】そのような各手段からなるエンジン模擬音発生装置1では、運転操作者による運転操作手段2の操作量を検出する運転操作検出手段3から出力される運転操作信号に応じて、エンジン回転速度計算手段4から仮想のエンジン回転速度信号を出力させると共に、エンジン回転速度計算手段4からのエンジン回転速度信号と運転操作検出手段3からの運転操作信号とにより、発音制御手段5から発音制御信号を出力させて、模擬音出力手段7において、記憶手段6に記憶されている音のデータを発音制御信号に応じて処理してから電圧信号で出力することにより、アンプを通してスピーカ8からエンジン模擬音を発生させている。

【0024】図2は、本発明のエンジン模擬音発生装置の他の例をブロック図により概略的に示すものであり、このエンジン模擬音発生装置1は、車両に搭載されたバッテリーの電力により電動モータで駆動される電気自動車において、実際の走行状態に応じたエンジン音を警告音として発生させるために使用されるものであって、基本的には、アクセルペダルの踏み込み量を検出するアクセル開度検出手段（運転操作検出手段）3と、車輪の回転速度を車速センサーにより検出する走行速度検出手段9と、エンジン回転速度計算手段4と、発音制御手段5と、記憶手段6と、模擬音出力手段7を有するもので、アンプを通してスピーカ8からエンジン模擬音を発生させるものである。

【0025】上記のような各手段からなる電気自動車用のエンジン模擬音発生装置1では、図1に示したようなレーシングゲームやドライビングシミュレータなどで使用されるエンジン模擬音発生装置とは異なって、運転者による実際の車両のアクセルペダルの操作量に応じてアクセル開度検出手段3から出力されるアクセル開度信号と、実際に走行している車輪の走行速度に応じて走行速度検出手段9から出力される走行速度信号により、エンジン回転速度計算手段4において、実際の車両のモーター回転速度とは異なる仮想のエンジン回転速度を計算している。

【0026】そして、エンジン回転速度計算手段4からのエンジン回転速度信号とアクセル開度検出手段からのアクセル開度信号とにより、発音制御手段5から発音制御信号を出力させて、模擬音出力手段7において、記憶手段6に記憶されている音のデータを発音制御信号に応じて処理してから電圧信号で出力することにより、アンプを通してスピーカ8から車外と車内に向けてそれぞれエンジン模擬音を発生させている。

【0027】なお、実際に車両が走行する電気自動車で

は、レーシングゲームやドライビングシミュレータなどの場合と異なって、車両の走行速度が仮想の値ではなく実在するものであり、また、動力源である電動モーターも実際に回転しているものであるから、車両の走行速度やモーター回転速度を直接エンジン回転速度に置き換えることも考えられる。

【0028】しかしながら、実際には、電動モーターとエンジンとは出力特性が異なり、電気自動車とエンジン駆動車では走行中の駆動力回転速度や変速装置の状態が大きく異なるため、仮想のエンジン回転速度をモーター回転速度や車両の走行速度などから直接求めることは不適当であり、そのために、上記のようにエンジン回転速度計算手段4でエンジン回転速度を計算してから、この仮想のエンジン回転速度計算と走行速度検出手段9により検出された実際の車両の走行速度とに基づいてエンジン模擬音を発生させている。

【0029】その場合、特に、電気自動車がオートマチック車であることを考慮して、エンジン回転速度計算手段4でのエンジン回転速度の計算については、図示していない記憶装置に予め一般的な自動車用自動変速装置の変速パターンと自動車用トルクコンバータの滑り特性とをそれぞれ記録しておき、この自動車用自動変速装置の変速パターンを踏まえた上で、自動車用トルクコンバータの滑り特性に沿うように、アクセル開度と車両走行速度をパラメータとしたエンジン回転速度の計算プログラムを作成しておくことが望ましい。

【0030】すなわち、自動変速装置を備えたエンジン駆動車では、変速装置内に滑りがあり、エンジン回転速度と車軸の回転速度との関係が直線的ではなく、これが発進時に最も顕著に現れて、車両の走行速度はゼロから徐々に上昇していくのに対して、エンジン回転速度は車両が停止している時から既に高くなっており、その音が周囲の人に車の発進を予め伝える報知音の役割を果たしている。

【0031】これに対して、電気自動車においても、上記のように自動変速装置の変速パターンを踏まえた上でトルクコンバータの滑り特性に沿うように仮想のエンジン回転速度を計算することによって、例えば、発進時では、計算された仮想のエンジン回転速度は車両が走行する前に高くなるため、エンジン駆動車と同様のエンジン模擬音を発生させることができ、周囲の人の注意を喚起することができる。

【0032】また、電気自動車を実際に走行させる場合、実際の道路は傾斜などにより走行抵抗に変動のあるものであり、周りの騒音環境なども変動のあるものであって、走行中の運転操作についても、アクセルペダルを操作する以外にブレーキペダルも操作するため、そのような電気自動車用のエンジン模擬音発生装置では、運転操作検出手段として、アクセル開度を検出するだけでなく、更に、道路の傾斜を検出したり、車両周囲の騒音を

検出したり、ブレーキペダルの操作状態を検出したりして、それらの検出結果に基づいてエンジン回転速度の計算や発音の制御を行うことが望ましい。

【0033】図3は、そのような他の検出手段を有するエンジン模擬音発生装置を設けた電動自動車の一例についての概略を示すもので、オートマチックの電動自動車10には、ブレーキペダル11とアクセルペダル12が運転操作手段として設けられ、車両の駆動装置として動力ユニット（電動モータと変速装置のユニット）13が搭載されていると共に、動力ユニットの制御装置を含む各種の電子回路や、CPU、メモリ、アンプ等からなる電子制御ユニット14が設置されている。

【0034】また、前輪の回転方向から前進と後進の別を検出し、前輪の回転速度から車速を検出する車速検出装置（走行速度検出手段）9や、車体の前傾斜、平坦走行、後傾斜の別や、傾斜の程度を検出する外部負荷検出装置15や、車両周囲の騒音を検出する騒音センサとして周囲騒音検出装置16や、更に、図示していないが、アクセルペダル12の踏み込み量を検出する負荷検出装置（アクセル開度検出手段）や、ブレーキペダル11の踏み込み量或いは踏み込み速度を検出する制動力検出装置等が、電子制御ユニット14内の動力ユニット制御装置に運転状態を伝えるための検出装置としてそれぞれ設置されている。

【0035】そのような電動自動車10に対して、エンジン模擬音発生装置を電子制御ユニット14内に設置することにより、アクセルペダル11とブレーキペダル12を運転操作手段とし、車速検出装置（走行速度検出手段）9や、外部負荷検出装置15や、アクセルペダル12による負荷検出装置（アクセル開度検出手段）や、ブレーキペダル11による制動力検出装置等の検出装置群を運転操作量検出手段として、周囲騒音検出装置16の検出結果に応じた音量で、電子制御ユニット14内の各アンプから、車体に設置された各スピーカ18を通して、実際の運転状態に近似したリアルなエンジン模擬音を車外や車内に向けて発生させることが可能となる。

【0036】ところで、上記の各例に示したような本発明のエンジン模擬音発生装置のそれぞれにおいて、記憶手段6に予め記憶されているエンジン音データは、図4に示すように、アクセル開度とエンジン回転速度をパラメータとしてエンジン運転状態を複数の範囲に分け、各範囲の略中央状態において録音した実際のエンジン音（エンジンの爆発音や機械音や吸排気音等からなる駆動音）のそれぞれを、図5に示すような、その音を録音した時のエンジン回転速度においてクランク軸が2回転する時間（4サイクルエンジンの構成気筒の全てを1回爆発完了させるのに要する時間）に相当する長さの音圧波形の単位でデジタルデータとしたものである。

【0037】なお、それぞれのエンジン音データについては、各エンジン運転範囲における実際のエンジン音

を、例えば、エンジン駆動車の車外に設置したマイクによってそれぞれ収録したり、あるいは、運転者に聞こえる音として車内に設置したマイクによってそれぞれ収録したり、適宜の方法によって収録してから、それぞれ必要な短い部分を取り出してデータに加工したものである。

【0038】また、図4に示すようなエンジン運転状態の各範囲のそれぞれのエンジン音データからなるデータは、一つの車種について、後進を含む変速ギヤの各シフト毎にそれぞれ作成されることとなり、記憶手段6に

は、必要とする車種毎に、図4に示すようなデータを、各シフト毎の複数ずつ記憶させることとなる。  
【0039】そのように記憶手段6に記憶されたエンジン音データの読み出しについて以下に説明すると、実際の運転における急加減速走行時には、アクセル開度とエンジン回転速度は異なる状態でそれぞれ変化するものであって、変速ギヤを固定した状態で急加減速走行を行なった場合には、図6に示すように、エンジン回転体と車体の慣性のため、アクセル操作の後にエンジンの回転速度の変化が遅れて発生することとなり、その場合、エンジ

ンの吸排気音は、アクセル開度に応じて音の大きさが変化する、エンジンの機械音は、アクセル開度によって音の大きさがあまり変わらず、むしろエンジン回転速度によって大きく変わる。  
【0040】そのため、急加速の場合は、まず吸気音と排気音が優勢となってから、その後エンジン回転速度が上昇するにつれてエンジン機械音が大きくなるのに対して、急減速の場合は、逆に吸気音と排気音がまず小さくなってから、エンジン回転数が下がるにつれてエンジン機械音が小さくなる。なお、空吹きでは、車体の慣性

分がなくなるので、エンジンのアクセル開度に対するエンジン回転速度の応答は急加減速走行より速くなるが、基本的現象としては同じである。  
【0041】そのような実際の運転時におけるエンジン音の変化と近似してエンジン模擬音に変化するように、本実施形態では、急加減速走行と緩加減速走行の操作を行なった場合には、記憶手段6の中に記憶させた図4に示すようなデータのそれぞれに対して、図7に示すように、急加減速走行の操作では、図の周辺に沿ったライン(1-19-24-6-1)で運転状態が変化するように、発音制御信号によってエンジン音データが順次読み出されるように制御されている。

【0042】また、緩加減速走行の操作では、実際の運転ではエンジン回転体と車体を加速するのに要する力は走行抵抗に比べて無視できるほど小さくなり、定常走行時とはほぼ同じアクセル開度で運転できることから、図の対角方向のライン(1-24-1)で運転状態が変化するように、発音制御信号によってエンジン音データが順次読み出されるように制御されている。

【0043】上記のように記憶手段6から模擬音出力手

段7に運転状態に応じたエンジン音データを読み出させるための発音制御信号は、記憶手段6に記憶させたそれぞれの運転状態範囲のエンジン音データが何れも1燃焼サイクル(4サイクルエンジンにおいてはクランク軸2回転)分の時間に相当する長さの音圧波形であるのに対応して、そのような極めて短い音圧波形のデータを所定の長さのエンジン音として再生させるために、エンジン音データを1燃焼サイクル分の時間に対応する間隔で繰り返し発音させるものとなっている。

【0044】そのような発音制御信号の具体例としては、例えば、MIDI規格の発音制御信号があり、エンジン音データは、この発音制御信号によって指定されたペロシティ(鍵盤楽器でキーを押し下げる速度、ここでは音量と対応)と音程に基づいて一義的に模擬音出力手段7に読み出され、模擬音出力手段7から電圧信号として出力される。

【0045】なお、MIDI規格の発音制御信号については、普通は一つのコマンドで30ビットを要し、通信速度は31.25kbpsであって、一秒間に約1042個のコマンドを送ることが限界となるものであって、更に、音を出すときにはONとOFFの二つのコマンドが必要なことから、結局一秒間に約521個の音を出すのが限界である。

【0046】これは4サイクル4気筒エンジンの場合15630rpmに相当し、通常のエンジン音ならば十分にカバーできるが、F1の多気筒エンジンのような高回転速度域の音を出す場合や、複数の車の音を同時に出したり音楽を出したりすることも考慮すると不十分であり、それを打開するための方策としては、一つの発音制御信号で複数の音を任意の間隔で出すことが考えられるが、これは通常のMIDIコマンドでは制御できないので、新たに機能を追加する必要がある。

【0047】この点に関しては、エンジン模擬音発生装置の音源となる装置とエンジン模擬音発生装置の発音制御信号をMIDI規格に準拠させると共に、一つの発音制御信号により記憶手段6から読み出した1燃焼サイクルに相当するエンジン音を指定した時間間隔で複数回発音させるという特別に追加された機能を持たせることにより、安価なMIDI音源装置を使用しながらもMIDI規格の通信速度で制約される発音間隔よりも短い時間間隔で発音させることができ、それによって、例えば、レーシングゲームに使用されるようなエンジン模擬音発生装置において、F1の多気筒エンジンのような高回転時の音を生成するようなことも可能となる。

【0048】図8は、発音制御手段5から出力される発音制御信号を模式的に表したものであって、本実施形態では、各運転状態範囲のエンジン音データのそれぞれについて、クランク軸2回転(4サイクルエンジンの1燃焼サイクル)分の時間に相当する長さの発音制御信号を繰り返して出力する場合に、繰り返される各回の発音制



御信号毎に、音の高さが異なる二種類の発音信号を、各発音制御信号毎にその大きさの割合を変えて同時に出力することで、読み出すエンジン音データについて、各回の発音制御信号毎に音の大きさ、高さ、音色等が変化するように制御している。

【0049】すなわち、一つの運転状態範囲のエンジン音データについて見ると、図5に示すように、実際のエンジン音では、毎回の爆発が不安定でばらつくことによりクランク軸2回転分毎の音圧波形もばらついており、そのような音圧波形のばらつきによってブザーのような単調な音とはなっていないのに対して、そのエンジン音の内のクランク軸2回転分の時間に相当する長さの一つの音圧波形のみを取り出して同じ状態で単に繰り返すだけでは、それによって再生されるエンジン模擬音が、実際のエンジン音と比べて単調な音となってしまう。

【0050】そのような点を考慮して、本実施形態では、発音制御手段5から出力する発音制御信号を、各回の発音信号毎に音の高さと大きさと音色の少なくとも何れかが変化するように制御して出力することで、記憶手段6から読み出されるエンジン音データについて、短い音圧波形単位の繰り返しによる再生音に変動を生成することにより、一つの運転状態範囲のエンジン音データに基づいて生成するエンジン模擬音自体についても、より自然な音として再生するようにしている。

【0051】さらに、本実施形態では、模擬音出力手段7において、記憶手段6から読み出したデジタルデータをその音圧波形に相当する電圧信号として出力するに際し、実際にエンジン音を録音したときのエンジン回転速度と、装置内での計算上のエンジン回転速度との比率に応じて、エンジン音のデジタルデータをアナログデータに変換する際の再生レートが変更されるように制御している。

【0052】すなわち、各運転状態範囲の略中央状態で録音した各エンジン音データを、操作に応じて計算されたエンジン回転速度が運転状態範囲内でどこに位置するかに関係なく、一律に同じ再生レートで再生すると、図9(A)に示すように、ある運転状態範囲から隣の運転状態範囲へ移るときに、エンジン模擬音のピッチが急激に変化することとなるが、上記のように装置内での計算上のエンジン回転速度に応じて再生レートを変更することにより、図9(B)に示すように、運転状態範囲の境界付近でできるだけピッチが変わらないようにすることができる。

【0053】以上に述べたような本実施形態のエンジン模擬音発生装置によれば、多様な運転状態における様々な実際のエンジン音に近似させてエンジン模擬音を発生させることができ、しかも、記憶手段6に記憶させておくエンジン音データが、クランク軸2回転(4サイクルエンジンにおける1燃焼サイクル)分の時間に相当する長さの音圧波形の単位という極めて短いものであるた

め、様々な運転状態でのエンジン音データをそれぞれ記憶させたとしても、そのために要する記憶容量が大きくなるようなことはない。

【0054】しかも、エンジン模擬音発生装置自体が必要とするハードウェアについては、従来の実音ループ再生法による装置と大きな差が無いため、既存のエンジン模擬音発生装置を利用することもできる。

【0055】また、本実施形態では、クランク軸2回転(4サイクルエンジンにおける1燃焼サイクル)分の時間に対応する間隔で繰り返し出力される発音制御信号が、記憶手段6から読み出されるそれぞれの運転状態範囲のエンジン音データ自体について、各回の発音制御信号毎に音の大きさ、高さ、音色の少なくとも何れかを任意に変化させるように制御するものであることによつて、一つのエンジン音データの繰り返しにより再生される一つの運転状態のエンジン模擬音自体についても、実際のエンジンと同じ様な毎回の爆発にばらつきがある自然な音として再生することができる。

【0056】また、本実施形態では、模擬音出力手段7からの出力に際し、実際にエンジン音を録音したときのエンジン回転速度と、装置内での計算上のエンジン回転速度との比率に応じて、エンジン音のデジタルデータをアナログデータに変換する際の再生レートが変更されるように制御されていることで、ある運転状態範囲から隣の運転状態範囲に移行する際に、隣り合った運転状態範囲の境界付近で音のピッチができるだけ同じとなるようにすることができ、運転状態の変化によるエンジン模擬音の変化を滑らかに自然なものとするることができる。

【0057】なお、上記の実施形態では、記憶手段6に記憶させておくエンジン音データをクランク軸2回転(4サイクルエンジンにおける1燃焼サイクル)分の時間に応じた長さの音圧波形としているが、このエンジン音データについては、クランク軸が1燃焼サイクル分回転する時間に相当する長さ(4サイクルエンジンではクランク軸2回転分、2サイクルエンジンではクランク軸1回転分)と略同じ長さの音圧波形の単位であつて、数秒間の実音とは明らかに異なる次元の長さである限り、例えば、1燃焼サイクル分の時間よりも僅かに長くても、あるいは、1燃焼サイクル分の時間の2~3回分の長さに相当するものであつても実施可能なものである。

【0058】また、上記の実施形態では、エンジン模擬音を実際のエンジン音により一層近似したのものとするために、各回の発音制御信号毎に音の大きさ、高さ、音色を任意に変化させたり、装置内での計算上のエンジン回転速度に応じて再生レートが変更されるようにしているが、要求されるエンジン模擬音の近似程度によっては、それらの付加的要件を省略することによつても実施可能なものである。

【0059】

【発明の効果】以上説明したような本発明の乗物の模擬

音発生装置によれば、多様な運転状態で多様な駆動音データに基づき、操作状態に応じて実際の駆動音に近似した模擬音を発生させることができ、しかも、記憶手段に記憶させておく駆動音データの記憶容量を小さくすることができ、装置の製品コストを低く抑えることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のエンジン模擬音発生装置の一例を概略的に示すブロック図。

【図2】本発明のエンジン模擬音発生装置の他の例を概略的に示すブロック図。

【図3】本発明のエンジン模擬音発生装置が設置される電動自動車の一例を示す概略説明図。

【図4】図1および図2に示したエンジン模擬音発生装置における記憶手段内のデータ格納の一例を示す説明図。

【図5】図4に示した記憶手段のデータの各運転状態範囲において実際に録音されるエンジン音圧波形の一例を示す説明図。

【図6】急加減速走行時の運転状態におけるアクセル開度とエンジン回転速度のそれぞれの変化を比較して示す説明図。

\* 10

\* 【図7】図4に示した記憶手段のデータについて、急加減速と急加減速の各走行時における各運転状態範囲のエンジン音データの読み出し順序の違いを示す説明図。

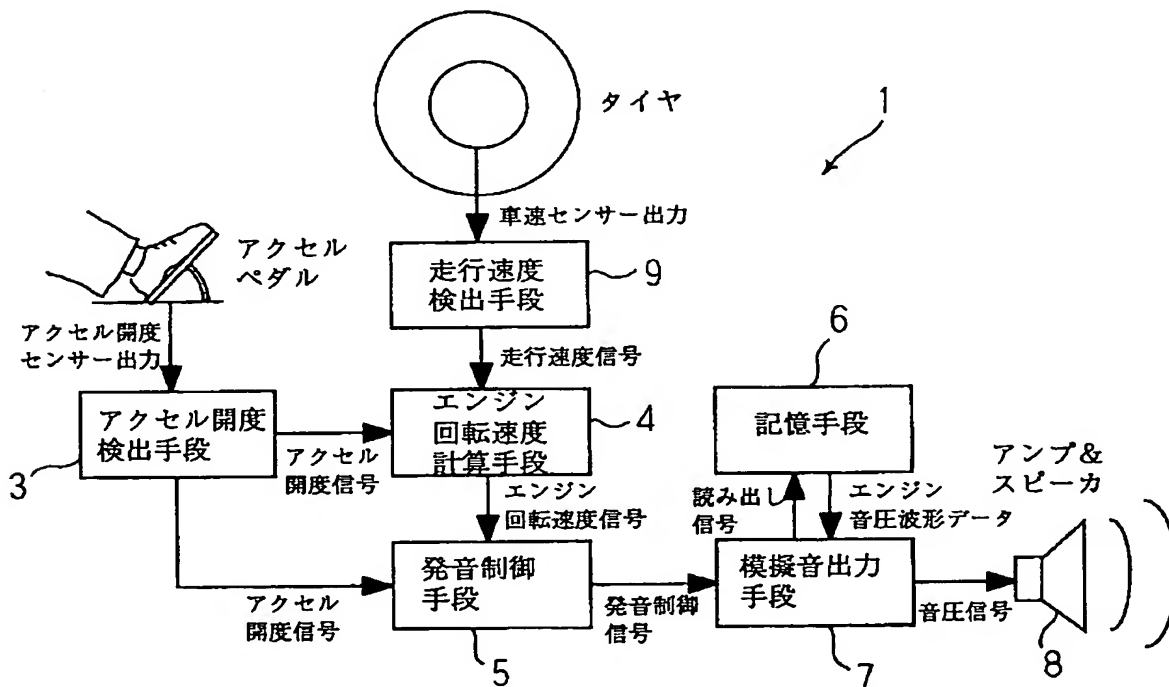
【図8】図1および図2に示したエンジン模擬音発生装置において発音制御手段から出力される発音制御信号の一例を示す説明図。

【図9】図1および図2に示したエンジン模擬音発生装置における模擬音出力手段からの出力に際し、デジタルデータをアナログデータに変換する際の再生レートを（A）変更しない場合と（B）変更する場合のそれぞれについて、エンジン模擬音の音圧波形を示す説明図。

【符号の説明】

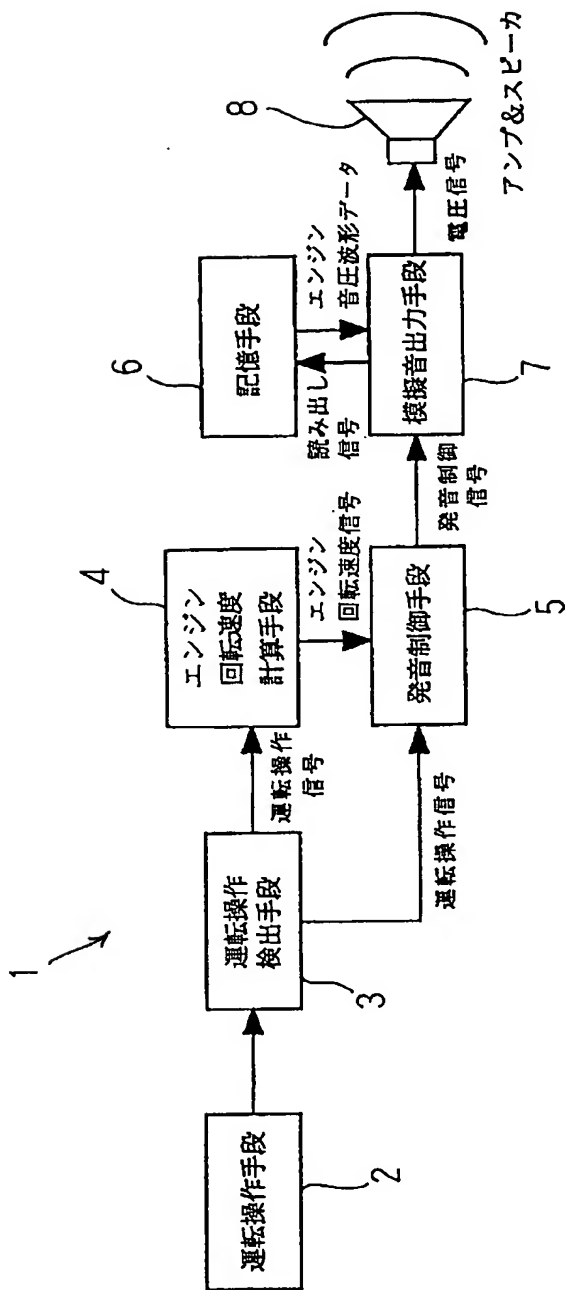
- |    |                      |
|----|----------------------|
| 1  | エンジン模擬音発生装置          |
| 2  | 運転操作手段               |
| 3  | 運転操作検出手段（アクセル開度検出手段） |
| 4  | エンジン回転速度計算手段         |
| 5  | 発音制御手段               |
| 6  | 記憶手段                 |
| 7  | 模擬音出力手段              |
| 8  | スピーカー                |
| 9  | 走行速度検出手段             |
| 10 | 電動自動車                |

【図2】

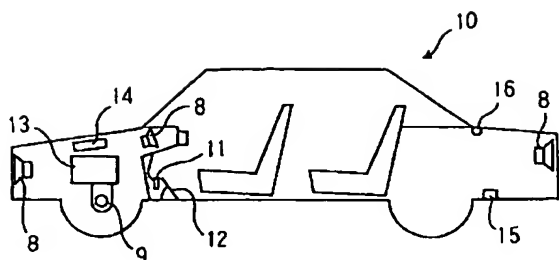




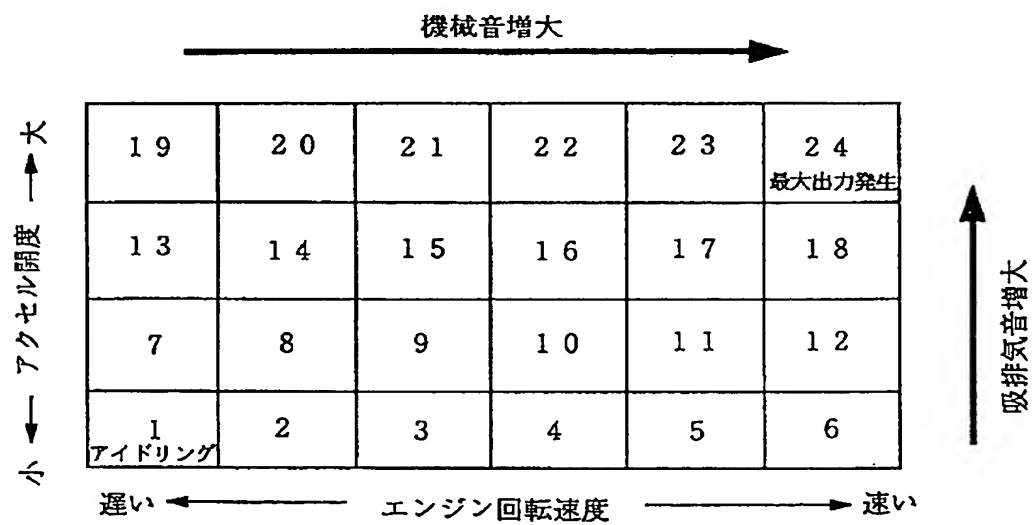
【図1】



【図3】

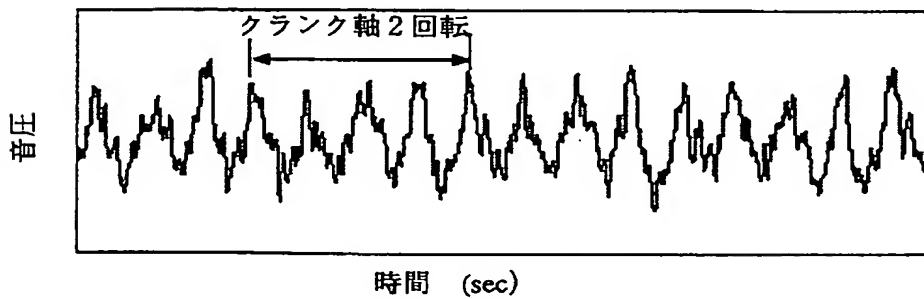


【図4】



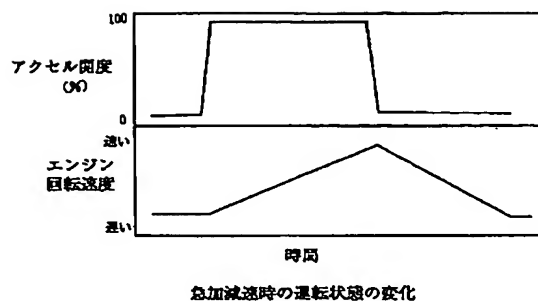
エンジン音記憶手段内のデータ格納例

【図5】

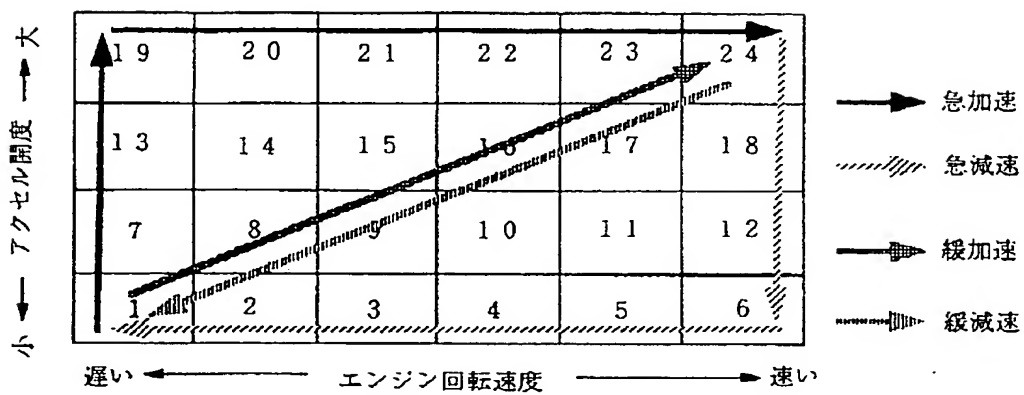


4サイクル4気筒エンジン音の音圧波形

【図6】

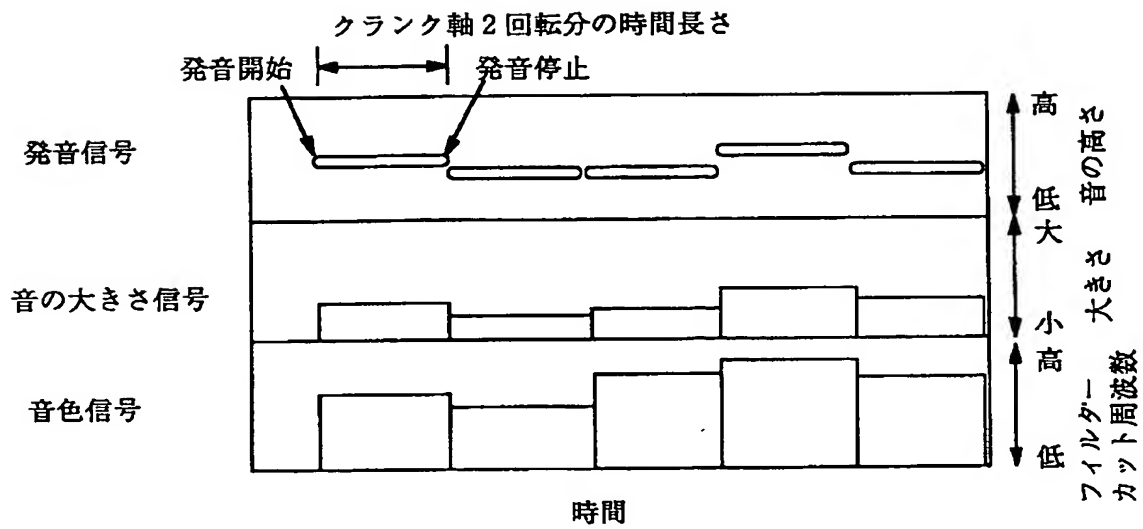


【図7】



急加減速と緩加減速走行の運転状態変化

【図8】



発音制御信号の例

【図9】

